

## 明 細 書

## トルク計測装置

## 技術分野

[0001] 本発明は、回転体の回転速度および軸トルクを非接触で光学的に計測するトルク計測装置に係り、特に、コンバインドサイクル発電プラントや蒸気タービンプラントに適用されるトルク計測装置に関する。

## 背景技術

[0002] 例えば、コンバインドサイクル発電プラントは、ガスタービンと蒸気タービンとを組み合せて熱効率を向上させ、高効率および高運用性を図った火力発電プラントである。すなわち、コンバインドサイクル発電プラントは、ガスタービンからの排熱を排熱回収ボイラに導き、排熱回収ボイラで発生した蒸気で蒸気タービンを駆動するように構成され熱効率を向上させている。通常、コンバインドサイクル発電プラントは複数のユニットで構成され、各ユニットはそれぞれガスタービンと蒸気タービンとを有し、ガスタービンと蒸気タービンとで1台の発電機を駆動する一軸型の構成になっている。

[0003] このような高効率なコンバインドサイクル発電プラントにおいても、運転後には経年劣化が生じ、ユニットによっては熱効率が低下することがある。熱効率管理上、熱効率が低下した原因を究明することは重要なことである。この場合、熱効率低下の原因がガスタービン側にあるのか蒸気タービン側にあるのか、あるいは他の主要構成機器にあるのかを把握することが必要となる。熱効率を把握するにはガスタービン出力や蒸気タービン出力を把握しなければならない。

[0004] そこで、コンバインドサイクル発電プラントのガスタービン出力や蒸気タービン出力を検出するために、ガスタービンや蒸気タービンのような回転機器の駆動軸(回転体)のトルクを検出するための光学的なトルク計測装置が開発されている。このトルク計測装置では、回転体の軸方向の異なる位置に一対の反射体を設け、両反射体にレーザ光を照射して両反射体からの反射光を検出し、反射光の周期的な強弱に基づいて回転体の回転周期を求め、両反射体からの反射光の遅れ時間に基づいて回転体のトルクを検出するようにしている(例えば、特許文献1参照)。

[0005] また、本出願人の先の出願である特願2002-221347号では、レーザ光の反射体への入射光線と反射体からの反射光線とを個別のセパレート光路として、反射光の光損失を小さくし高出力のレーザ光を必要としないようにしている。

特許文献1:特開2002-22564号公報

### 発明の開示

#### 発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、特許文献1のトルク計測装置では、入射光と反射光とを同じ光路で照射し受光できるが、単一の光路上に設けられたビームスプリッタを経由して反射体に入射光線を入射し、反射体からの反射光線も同じ光路上のビームスプリッタを経由して入射光線とは別の方向へ受光するようにしているので、ビームスプリッタを通す度に光損失が発生する。一方、特願2002-221347号のものでは光損失を低減できるが、入射光線と反射光線とを個別のセパレート光路としているので、光学系の部品点数が多くなり、光学系自体の大きさも大きくなる。

[0007] 図4は、レーザ光の反射体への入射光線と反射光線とを個別のセパレート光路とした場合の光照射検出部の説明図である。光照射検出部11は入射側レンズ12と受光側レンズ13とを有する。入射側レンズ12はレーザ光出力装置からのレーザ光を入射光ファイバ14にて受光しプリズム15にて照射用集光レンズ16にレーザ光を導く。照射用集光レンズ16は中心軸で対称な2つの領域に分割され、入射光は照射用集光レンズ16の一方の領域から回転体17の反射体18が取り付けられた表面部位に照射される。

[0008] 回転体17の反射体18で反射された反射光は、照射用集光レンズ16の他方の領域から受光側レンズ13に入射され、受光ファイバ19にて信号処理装置に導かれる。このように、入射光の光路と反射光の光路とをそれぞれ別の領域としたセパレート構成としている。

[0009] 従って、反射体18に對面する照射用集光レンズ16は2つの領域に分割され入射光と反射光の経路を別々にしているので、照射用集光レンズ16自体の大きさも大きくなる。また、入射光を照射用集光レンズ16に導くためのプリズム15も必要となるので、反射体18に對面してレーザ光の照射及び受光を行う光照射検出部11の先端が大

きくなり、狭隘な箇所での計測が困難となる。

[0010] 本発明の目的は、回転体の反射体にレーザ光を照射しその反射光を受光する光照射検出部を小型化できるトルク計測装置を提供することである。

### 課題を解決するための手段

[0011] 本発明のトルク計測装置は、レーザ光を出力するレーザ光出力装置と、前記レーザ光出力装置からのレーザ光を回転体の表面に照射するとともに反射光を受信する光送受信装置と、前記回転体の表面の軸方向に間隔を保って設けられ前記光送受信装置から照射されたレーザ光を所定の反射パターンで反射する反射体と、前記光送受信装置で受信した反射光に基づいて前記回転体のトルクを求める信号処理装置とを備え、前記光送受信装置は、前記レーザ光出力装置からのレーザ光を偏波しその偏波レーザ光を出力するとともに偏波レーザ光の反射光を前記偏波レーザ光を出力した同じ光路から入力し前記レーザ光出力装置からのレーザ光と分離して前記信号処理装置に出力する偏波保存ファイバーサーキュレータと、前記反射体が設けられた前記回転体の表面部位に対面して設けられ前記偏波保存ファイバーサーキュレータからの偏波レーザ光を入力し前記回転体の表面部位に照射するとともに反射光を検出し前記偏波保存ファイバーサーキュレータからの偏波レーザ光を入力した同じ光路に検出した反射光を送出する光照射検出部とを備えことを特徴とする。

### 発明の効果

[0012] 本発明によれば、反射体が設けられた回転体の表面部位にレーザ光を照射しその反射光を検出する光照射検出部は、偏波保存ファイバーサーキュレータからの偏波レーザ光を入射光とし、回転体の表面部位からの反射光を偏波保存ファイバーサーキュレータに送信するので、これらの入射光及び反射光は同じ光路を用いて送受信できる。従って、光照射検出部の部品点数は比較的少なくて済み、光照射検出部自体の大きさも小さくでき軽量化を図ることができる。

[0013] 光照射検出部自体の大きさを小さくできるので、狭隘の箇所にも設置が可能となる。従って、光照射検出部の大きさの制約から高精度なトルク計測を実施したいという要請があるにもかかわらず実施できなかった回転体に対してもトルク計測が可能となる。

## 図面の簡単な説明

[0014] [図1]本発明の実施の形態に係わるトルク計測装置のブロック構成図。  
[図2]本発明の実施の形態における偏波保存ファイバーキュレータの説明図。  
[図3]本発明のトルク計測装置における光照射検出部の説明図。  
[図4]レーザ光の反射体への入射光線と反射光線とを個別のセパレート光路とした場合の光照射検出部の説明図。

## 符号の説明

[0015] 11…光照射検出部、12…入射側レンズ、13…受光側レンズ、14…入射光ファイバ、15…プリズム、16…照射用集光レンズ、17…回転体、18…反射体、19…受光ファイバ、20…レーザ光出力装置、21…光送受信装置、22…信号処理装置、23…光分岐コネクタ、24…偏波保存ファイバーキュレータ、25…入射受光ファイバ、26…入射受光レンズ、27…光検知装置、28…取付具

## 発明を実施するための最良の形態

[0016] 図1は本発明の実施の形態に係わるトルク計測装置のブロック構成図である。トルク計測装置は、レーザ光を出力するレーザ光出力装置20と、レーザ光出力装置20からのレーザ光を回転体17の表面に照射するとともに反射光を受信する光送受信装置21と、回転体17の表面の軸方向に間隔を保って設けられ光送受信装置21から照射されたレーザ光を所定の反射パターンで反射する反射体18a、18bと、光送受信装置21で受信した反射光に基づいて回転体17のトルクを求める信号処理装置22とから構成されている。

[0017] 光送受信装置21は、レーザ光出力装置20から分岐コネクタ23を介してレーザ光を出力する光路と同じ光路から反射光を受光するように構成されており、入射光と反射光との光路を共有している。すなわち、偏波保存ファイバーキュレータ24a、24bと回転体17との間の光路については、入射光と反射光との双方が同じ光路を使用して伝送されることになる。光送受信装置21は、偏波保存ファイバーキュレータ24a、24bを有するとともに、入射光と反射光との双方を導く入射受光ファイバ25a、25b及び光照射検出部11a、11bを有する。

[0018] レーザ光出力装置20から出力されたレーザ光は、光送受信装置21の光分岐コネ

クタ23にて2つのレーザ光に分岐され、それぞれ偏波保存ファイバーサーキュレータ24a、24bにそれぞれ導かれる。

[0019] 偏波保存ファイバーサーキュレータ24a、24bは、回転体17の表面に軸方向に間隔を保って設けられた一対の反射体18a、18bに対応して設けられ、レーザ光出力装置20からのレーザ光を偏波しその偏波レーザ光を出力する。偏波保存ファイバーサーキュレータ24a、24bからの偏波レーザ光は入射受光ファイバ25a、25bに導かれて光照射検出部11a、11bにそれぞれ入力される。

[0020] 光照射検出部11a、11bは、反射体18が設けられた回転体17の表面部位に対面して設けられ、偏波保存ファイバーサーキュレータ24a、24bからの偏波レーザ光を入力し回転体17の表面部位に照射する。すなわち、光照射検出部11a、11bは、入射受光レンズ26a、26bを有し、入射受光ファイバ25a、25bにより導かれた偏波レーザ光を平行光として照射用集光レンズ16a、16bに導き、照射用集光レンズ16a、16bで集光して回転体17の表面部位に照射する。

[0021] 照射用集光レンズ16a、16bからレーザ光が照射される回転体17の表面には、一対の反射体18a、18bがそれぞれ設けられている。反射体18a、18bは、例えば、レーザ光を反射する部分とレーザ光を吸収する部分とがバーコード状に形成された反射パターンを有し、レーザ光が照射されたときその反射パターンに従った反射光が発生する。

[0022] 反射体18a、18bからの反射光は、光照射検出部11a、11bの照射用集光レンズ16a、16bに入射され検出される。検出された反射光は入射受光レンズ26a、26bで集光され入射受光ファイバ25a、25bに導かれて偏波保存ファイバーサーキュレータ24a、24bに入力される。すなわち、反射光は、偏波保存ファイバーサーキュレータ24a、24bからの偏波レーザ光を入力した同じ光路と逆経路で送出される。

[0023] 偏波保存ファイバーサーキュレータ24a、24bでは、反射光を受光すると、レーザ光出力装置20からのレーザ光と分離して光検知装置27a、27bに導き、光検知装置27a、27bで検知された反射光は信号処理装置22に出力される。信号処理装置22では、回転体17の表面で反射された反射光のうち反射体18で反射された反射光に基づいて、相関関数を用いて回転体17の回転周期やねじれ量を求め、さらにねじれ量か

らトルクを求める。なお、光照射検出部11a、11bには図示省略の駆動装置が設けられ、この駆動装置により光照射検出部11a、11bを焦点軸方向に移動させ、光照射検出部11a、11bから回転体17の表面に照射するレーザ光の焦点距離を調整するようになっている。

[0024] 図2は偏波保存ファイバーキュレータ24の説明図である。偏波保存ファイバーキュレータ24は、レーザ光出力装置20からのレーザ光を入力するA端子、A端子から入力したレーザ光を出力するとともに回転体17の反射体18からの反射光を入力するB端子、B端子から入力した反射光を出力するC端子を有する。A端子に入力されたレーザ光は偏波保存ファイバーキュレータ24の内部で磁界をかけられて偏光され偏波レーザ光となりB端子から出力される。従って、B端子から回転体17の表面部位に出力されるレーザ光は、レーザ光出力装置からのレーザ光に偏光をかけられた偏波レーザ光となる。

[0025] この偏波レーザ光が回転体17の表面部位の反射体18で反射され反射光となり、この反射光は偏波レーザ光の出力時と同じ光路を通ってB端子に入力される。偏波保存ファイバーキュレータ24では、反射光を入力すると反射光が偏波レーザ光であることからA端子から入力されるレーザ光との識別が可能であることから、その反射光はA端子ではなくC端子に出力する。C端子には光検知装置27が接続されているので、反射光をレーザ光出力装置20からのレーザ光と分離して信号処理装置22に出力することが可能となる。

[0026] 図3は本発明のトルク計測装置における光照射検出部11の説明図であり、図3(a)は本発明の実施の形態における光照射検出部11の正面図、図3(b)はレーザ光の反射体18への入射光線と反射光線とを個別のセパレート光路とした場合の光照射検出部11の正面図である。

[0027] 図3(a)において、本発明の実施の形態における照射用集光レンズ16の直径をx1、光照射検出部11の横幅をy1、取付具の横幅をz1とする。一方、図3(b)において、入射光線と反射光線とを個別のセパレート光路とした場合における照射用集光レンズ16の直径をx2、光照射検出部11の横幅をy2、取付具28の横幅をz2とする。取付具28は回転体17の表面部位にレーザ光を照射する際に光照射検出部11を固定

するためのものである。

[0028] 照射用集光レンズ16の直径については、図3(a)に示した本発明の方が1/2程度の大きさになる。これは、本発明の光照射検出部11の場合には入射光と反射光とは同じ光路を通るの対し、図3(b)に示したセパレート光路の光照射検出部11では、照射用集光レンズ16を2領域に分割しており、分割したそれぞれの領域に入射光と反射光とを個別に通すことになるからである。

[0029] 光照射検出部11の横幅については、図3(a)に示した本発明の方が1/4以下の大きさになる。これは、本発明の光照射検出部11では図4に示したプリズム15が不要であり、入射側レンズ12及び受光側レンズ13が入射受光レンズ26に置き換わり、しかも、照射用集光レンズ16が1/2程度となることから入射受光レンズ26も1/2程度となるからである。なお、光照射検出部11の横幅だけでなく縦幅についても、プリズム15が不要であるので、図3(a)に示した本発明の方が小さくできる。取付具28の横幅についても、光照射検出部11の横幅と同様に、図3(a)に示した本発明の方が1/4以下の大きさにできる。

[0030] 本発明の実施の形態によれば、レーザ光を出力する光路と同じ光路から反射光を受光するように構成したので、部品点数を減らすことができ、光照射検出部11の小型化及び軽量化を図ることができる。これにより、ペン型のような光照射検出部11を実現することが可能となり、狭隘部への装着も可能となる。従って、トルク計測の実施可能箇所を大幅に増やすことができる。

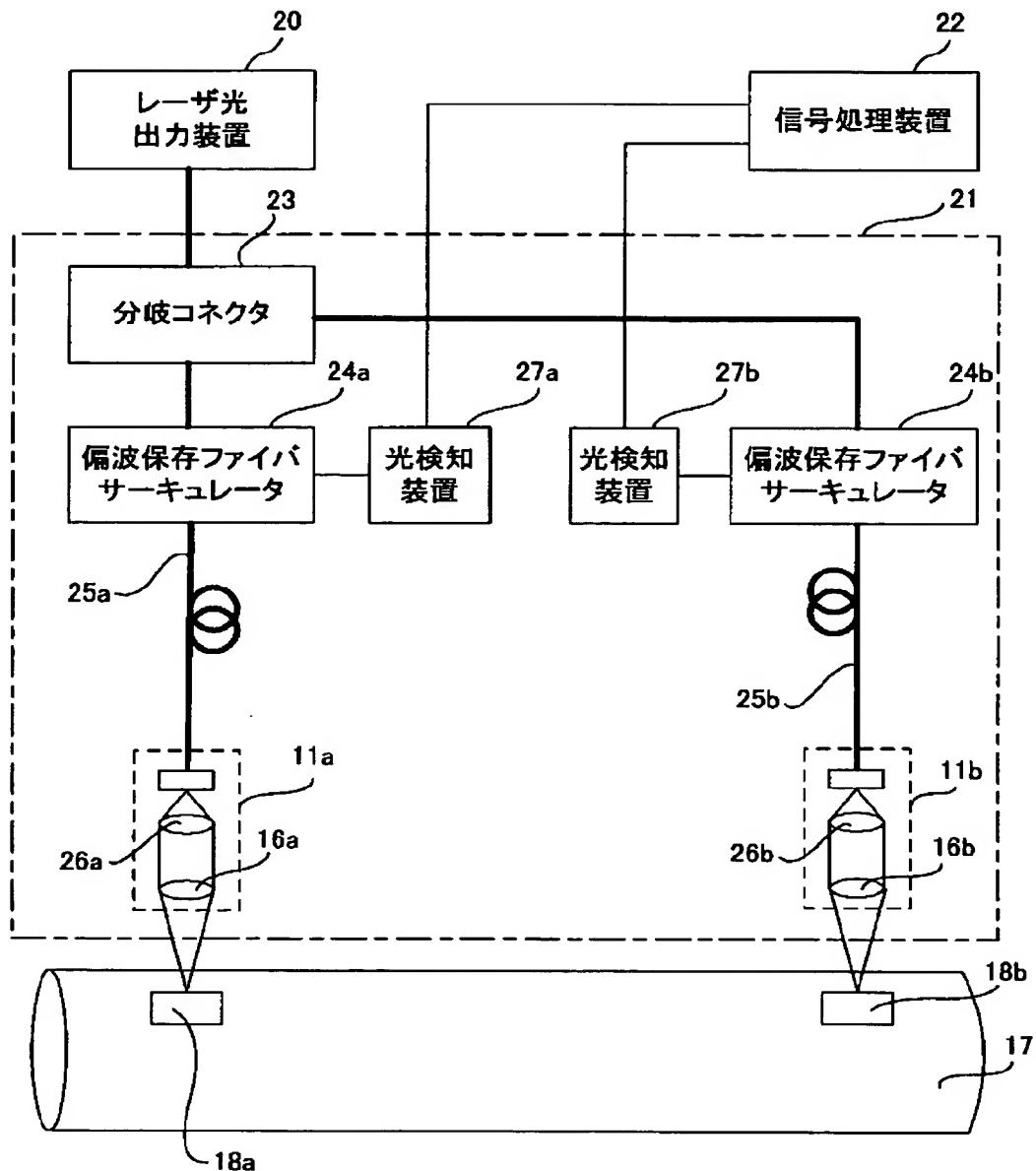
### 産業上の利用可能性

[0031] 光照射検出部自体の大きさを小さくできるので、狭隘の箇所にも設置が可能となる。従って、光照射検出部の大きさの制約から、狭隘の箇所に光照射検出部を設置できず、高精度なトルク計測を実施できなかった回転体に対してもトルク計測が適用できる。

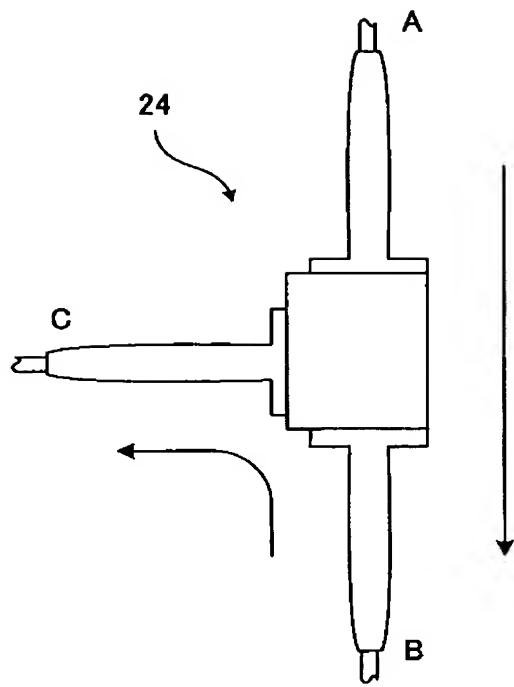
## 請求の範囲

[1] レーザ光を出力するレーザ光出力装置と、前記レーザ光出力装置からのレーザ光を回転体の表面に照射するとともに反射光を受信する光送受信装置と、前記回転体の表面の軸方向に間隔を保って設けられ前記光送受信装置から照射されたレーザ光を所定の反射パターンで反射する反射体と、前記光送受信装置で受信した反射光に基づいて前記回転体のトルクを求める信号処理装置とを備え、前記光送受信装置は、前記レーザ光出力装置からのレーザ光を偏波しその偏波レーザ光を出力するとともに偏波レーザ光の反射光を前記偏波レーザ光を出力した同じ光路から入力し前記レーザ光出力装置からのレーザ光と分離して前記信号処理装置に出力する偏波保存ファイバーサーキュレータと、前記反射体が設けられた前記回転体の表面部位に対面して設けられ前記偏波保存ファイバーサーキュレータからの偏波レーザ光を入力し前記回転体の表面部位に照射するとともに反射光を検出し前記偏波保存ファイバーサーキュレータからの偏波レーザ光を入力した同じ光路に検出した反射光を送出する光照射検出部とを備えたことを特徴とするトルク計測装置。

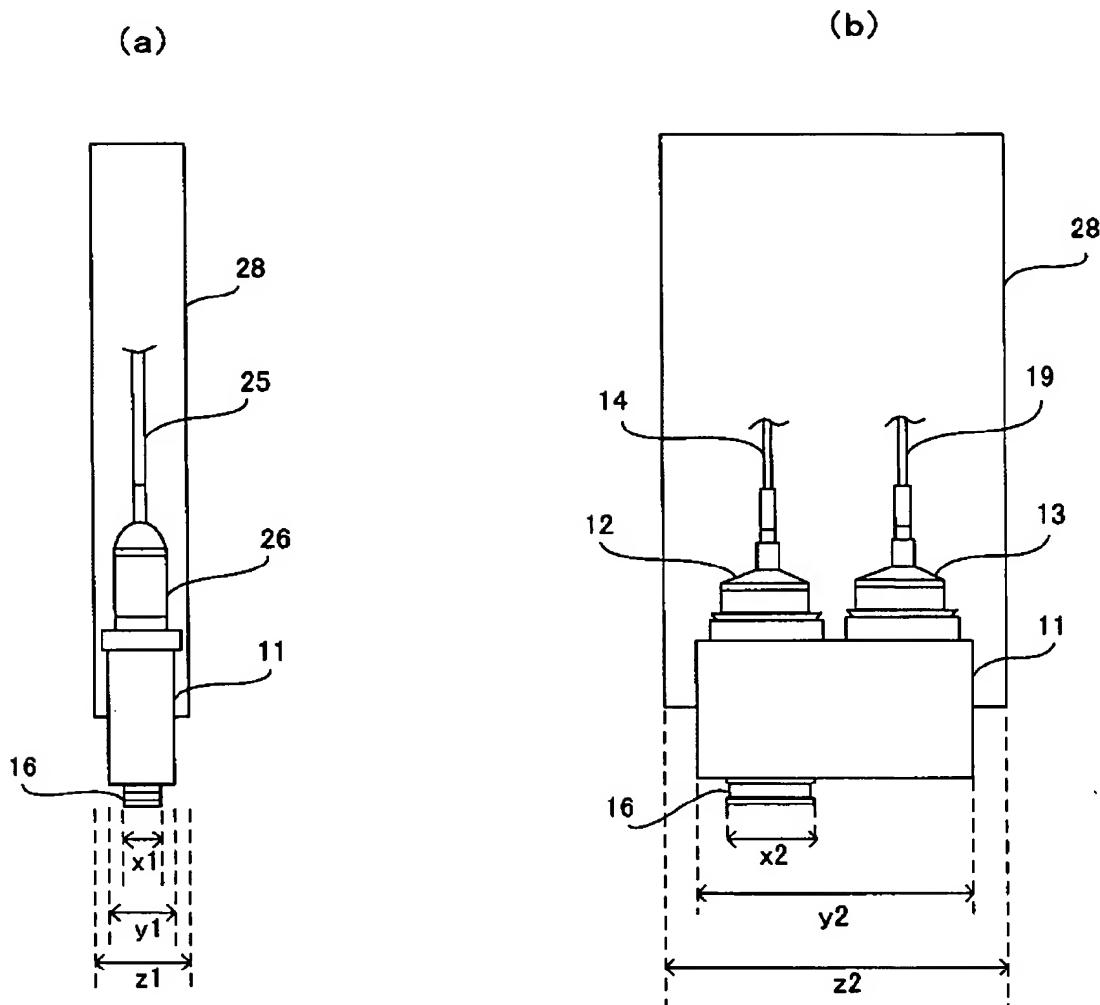
[図1]



[図2]



[図3]



[図4]

